



DOI 10.21178/2079–6080.2020.3.62
УДК 630*114.351:630*234

Скорость разложения растительного опада в лиственных насаждениях послерубочного происхождения в условиях средней тайги Республики Коми

© Т.А. Пристова

The rate of decomposition of plant litter in deciduous stands of post-harvest origin in the middle taiga of the Komi Republic

T.A. Pristova (Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences)

Regional indicators of the rate of plant litter decomposition and litter in derivatives of different age deciduous phytocenoses of post-harvest origin in the middle taiga of the Komi Republic are considered. Data of decomposition rate of 20 components of plant litter and litter over a 10-year period for birch-spruce young and medium-aged aspen-birch stands are presented. The rate of decomposition of the components of plant litter, depending on the species and part of the plant, varies from 7,9 to 78,5 % per year. The studied components of plant litter can be divided into three groups according to the rate of decomposition: 1) fast-decaying plant litter – more than 50 % per year (grasses, grass roots); 2) medium – decaying plant litter – 30–50 % per year (birch willow, rowan and aspen leaves, cereals, shrubs); 3) slow-decaying litter-less than 30 % (needles, branches, fir cones, mosses, birch, willow and aspen branches). Using experiments on the decomposition of plant litter in different time periods – 6, 12 and 24 months, it was determined that the rate of decomposition of the components of the litter over 2 years is differentiated. It is determined that leaves are characterized by more intensive decomposition during the first year and a decrease in speed in the second year, while branches, on the contrary, increase in weight loss in the second year. It was found that the rate of decomposition of wood litter in the warm half-year (from May to October) is higher than in the cold (from October to May). It was found that the rate of decomposition of the main components of plant litter and the upper subhorizon of the litter in the aspen-birch stand is higher than in the birch-spruce young forest.

Keywords: middle taiga, derived deciduous forests, decomposition of plant litter, forest litter

Скорость разложения растительного опада в лиственных насаждениях послерубочного происхождения в условиях средней тайги Республики Коми

Т.А. Пристова

Рассмотрены региональные показатели интенсивности разложения растительного опада и подстилки в производных разновозрастных смешанных и лиственных фитоценозах послерубочного происхождения в условиях средней тайги Республики Коми. Представлены данные по скорости деструкции 20 компонентов растительного опада и подстилки за 10-летний период для березово-елового молодняка и средневозрастного осиново-березового насаждения. Как показали исследования, интенсивность разложения компонентов опада в зависимости от видовой принадлежности и части растения варьирует от 7,9 до 78,5 % в год, и по этому показателю его можно разделить на три группы: 1) быстроразлагающийся – более 50 % в год (разнотравье – надземная часть и корни травянистых растений); 2) среднеразлагающийся – 30–50 % в год (листья березы, ивы, рябины, осины, злаки, кустарнички); 3) медленно разлагающийся – менее 30 % (хвоя, ветви и шишки ели, ветви березы, ивы, осины, мхи). С помощью опытов по исследованию распада растительных остатков в разные временные периоды – 6, 12 и 24 месяца, определено, что скорость деструкции компонентов опада в течение 2-х лет дифференцирована: для листьев характерно более интенсивное разложение в течение первого года и снижение скорости на второй год, для ветвей, наоборот – происходит увеличение убыли веса на второй год. Установлено, что скорость разложения древесного опада в теплое полугодие (с мая по октябрь) выше, чем в холодное (с ноября по апрель). Выявлено, что скорость разложения основных компонентов растительного опада и верхнего подгоризонта подстилки в осиново-березовом насаждении выше, чем в березово-еловом молодняке.

Ключевые слова: средняя тайга, производные смешанные и лиственные леса, разложение растительного опада, лесная подстилка

Пристова Татьяна Александровна – канд. биол. наук, научный сотрудник отдела лесобиологических проблем Севера

E-mail: pristovatatiana@gmail.com

Институт биологии Коми научного центра Уральского Отделения Российской академии наук

167000, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 28

Телефон: (8212) 24-50-03

Факс: (8212) 24-01-63

E-mail: pristova@ib.komisc.ru

Введение

Характер растительного опада и скорость его деструкции являются важнейшими факторами, влияющими на формирование подстилки в лесных экосистемах. Превращение опада в подстилку — многоступенчатый биологический процесс, при котором происходит не только распад, но и синтез сложных органических соединений. В цикле разложения растительного опада участвуют грибы, бактерии и животные. Скорость развития этого процесса и его господствующее направление зависят от ботанического состава основной массы подвергающегося деструкции материала и гидротермических условий [15, 17, 19]. Разложение растительного опада и подстилки определяет интенсивность биологического круговорота в лесных экосистемах. Рубка таежных хвойных лесов с последующим восстановлением лиственных породами приводит к изменению качественного состава опада и условий, меняет скорость разложения опада и подстилки [3, 18]. Известно, что в лиственных лесах эти процессы происходят быстрее, чем в хвойных [3, 20, 21]. В настоящее время в связи с необходимостью мониторинга окружающей среды интенсивность разложения опада и подстилки рассматривается как один из интегральных показателей биологической активности почв в экосистемах, подвергающихся антропогенному воздействию, а также может служить критерием, определяющим устойчивость биогеоценоза [9]. Изучение скорости деструкции растительного опада проведено в среднетаежных лесах Республики Коми в основном для хвойных лесов [2, 6, 12, 16]. В производных лиственных насаждениях эти исследования малочисленны и относятся преимущественно к фитоценозам на начальных стадиях постантропогенной сукцессии: на вырубке, в молодняке и зарастающих карьерах [7, 8, 14]. При этом в разновозрастных лиственных и лиственно-хвойных насаждениях многолетняя динамика этого процесса практически не рассматривалась, ограничиваясь 1–3 годами наблюдений и 5–8 компонентами растительного опада.

Цель наших исследований — изучение скорости деструкции 20 компонентов растительного опада в разновозрастных лиственных и смешанных насаждениях послерубочного происхождения в условиях средней тайги Республики Коми (РК).

Объекты и методы исследования

Изучение скорости разложения растительного опада проводилось в течение 10 лет (с 2004 по 2013 г.) на постоянных пробных площадях (ППП) в лиственных и смешанных насаждениях послерубочного происхождения в Княжпогостском районе Республики Коми (РК), на территории Кылтковского участкового лесничества ГУ РК «Железнодорожное лесничество» (62°19' с. ш. 50°55' в. д.). Исследования проводились в березово-еловом молодняке разнотравном (состав древостоя 7Б3Е+С, ед. Ос) и осиново-березовом насаждении чернично-разнотравного типа (5Ос4Б1Е, ед. Пх). До вырубki на месте исследуемых насаждений произрастали: ельник чернично-долгомошный и ельник черничный, с составом древостоя 8Е2Б, подроста — 10Е, возраст 150–190 лет (по данным Кылтковского участкового лесничества ГУ РК «Железнодорожное лесничество»). Более подробная характеристика этих объектов приведена нами ранее [10]. Почва исследуемых насаждений — торфянисто-подзолисто-глееватая. Подстилка имеет хорошо выраженный подгоризонт L и в разной степени трансформированные растительные остатки в подгоризонте OF+OH. Подгоризонт L представлен в основном растительным опадом предыдущего и текущего года, OF+OH — разложившимися растительными остатками. Мощность подстилки в березово-еловом молодняке — 0–11(13) см, в осиново-березовом насаждении — 0–6(9) см.

Сбор опада древесных растений проводили ежегодно 20 опадоуловителями размером 50×50 см дважды в год — осенью и весной. Собранный материал разделяли по видам (береза, осина, ель, ива, рябина) и фракциям (листья, хвоя, ветви, шишки) [13]. Отбор опада

растений напочвенного покрова проводили методом укуса шаблоном размером 879 см² в 20-кратной повторности. Подстилку отбирали металлическим шаблоном площадью 879 см² в 20-кратной повторности, разделяли на подгоризонты, удаляли минеральные примеси, живые части мхов и корни, высушивали при 105 °С до абсолютно сухого веса, затем взвешивали.

Скорость разложения растительного опада изучалась непосредственно на ППП с использованием капроновых мешочков размером 20×25 см, с ячейкой 1 мм, в 5–10-кратных повторностях. Образцы верхнего подгоризонта подстилки и растительного опада закладывались в верхний слой лесной подстилки,

корни и ОФ+ОН – в ее нижний слой. Убыль в массе растительных остатков и подстилки учитывалась по истечении 6, 12 и 24 месяцев [13]. Полученные данные были обработаны статистическими методами.

Результаты и их обсуждение

Основными создателями органического вещества в исследуемых насаждениях являются береза и осина, поэтому основное количество органической массы поступает на поверхность почвы с растительным опадом этих пород [11]. Скорость разложения листьев березы в березово-еловом молодняке за исследуемый период варьировала от 27,3 до 46,8 % в год, в среднем составляя 36,9±4,6 % (табл.).

Таблица

Скорость разложения компонентов растительного опада (%) по материалам проведенного исследования и литературным данным

Компонент опада	Березово-еловый молодняк	Осиново-березовое насаждение	Ельник чернично-сфагновый [6]	Вырубка ельника черничного 10-летняя [8]
Листья				
березы	36,9±4,6/ 54,8±2,8	35,4±9,8/ 53,4±2,4	30,8±6,6/ 39,7±9,9	47,6±0,7/ 58,0±0,5
ивы	42,5±7,8	44,1±6,7	-	-
осины	-	39,7±10,2/ 65,1±3,8	50,1±13,5/ 58,5±15,2	-
рябины	43,7±2,9	48,7±2,5	-	-
хвоя ели	20,1±2,1	21,2±2,9	19,2±3,6/ 32,8±7,5	18,4±1,2/ 42,1±0,8
Ветви				
березы	20,5±1,8/ 57,7±2,3	25,5±6,5/ 62,1±3,4	-	14,0±0,9
ивы	24,0±2,7	28,0±3,1	-	-
осины (<20 мм)	-	17,2±2,0	-	-
осины (>20 мм)	-	7,9±1,0	-	-
ели	20,7±3,6	23,6±6,4	9,2±1,4	8,6±0,4
Шишки ели	21,2±2,9	-	3,9±1,0	-
Мхи				
сфагновые	37,1±5,5	-	-	24,7±1,1
политриховые	25,7±3,5	-	-	32,6±1,0
зеленые	27,9±6,1	18,4±1,3	-	31,5±1,0

Компонент опада	Березово-еловый молодняк	Осиново-березо- вое насаждение	Ельник чернич- но-сфагновый [6]	Вырубка ельника черничного 10-летняя [8]
Разнотравье	78,5±1,1/ 97,1±0,8	72,8±3,2/ 95,3±1,4	-	-
Злаки	47,7±7,3	-	-	-
Кустарнички	32,8±2,4	33,9±2,5	29,8±5,9	32,2±1,0
Корни				-
трав	53,4±2,4	50,1±2,1	-	-
кустарничков	31,7±2,1	30,6±3,6	-	-
березы	21,7±2,4	23,9±1,3	-	-

Примечание. 1) В числителе – данные за 1 год, в знаменателе – за 2 года.

2) Прочерк означает отсутствие этого компонента в фитоценозе или отсутствие данных.

Среднегодовая скорость разложения листьев березы в осиново-березовом насаждении – 35,6±9,8 % в год, варьируя от 33,9 до 46,1 %. На 10-летней вырубке ельника черничного в условиях средней тайги Республики Коми этот показатель выше, что возможно, связано с более благоприятными для процесса деструкции опада условиями на лесосеке [8]. По литературным данным, в среднетаежном березняке разнотравном в условиях Карелии убыль в весе опада листьев березы за год также выше – 46 % [3]. Более низкие показатели приводятся для данного компонента опада на карьерах, зарастающих лиственными породами – 22,2±1,0 % в год [7]. В ельнике черничном и ельнике чернично-сфагновом, расположенных в 12 км от исследуемых объектов, скорость разложения листьев березы немного ниже [6, 2].

Ветви и корни березы, в отличие от листьев, разлагаются с меньшей скоростью – 21–24 % в год (табл.). Другими авторами приводятся более низкие значения для ветвей березы: на карьере – 5 % [7], в насаждениях Карелии – 9 % [3], на 10-летней вырубке – 14 % в год [8]. Более высокие показатели скорости деструкции ветвей в исследуемых насаждениях объясняются наличием большого числа целлюлозоразрушающих микромицетов, по сравнению с ельниками [11].

Разложение опада осины рассматривается только для осиново-березового насажде-

ния, в котором она является одной из доминирующих древесных пород [10]. Скорость разложения листьев осины варьирует от 25 до 50 % в год, в среднем составляя 39,7±10,2. Динамика процесса деструкции ветвей осины дифференцирована: разложение крупных ветвей, диаметром 20 мм и более, почти в 2 раза ниже, чем мелких и средних (табл.). Более низкие показатели приводятся для среднетаежных хвойно-лиственных насаждений – листья осины разлагаются со скоростью 34,4±5,0 %, ветви – 18,1±1,9 % в год [2], в ельниках чернично-сфагновых листья осины разлагаются с большей скоростью [6].

Скорость разложения хвои ели в исследуемых насаждениях варьировала от 18 до 26 % в год. Ветви и шишки ели разлагаются со скоростью 20–24 % в год. В ельниках черничных средней тайги и на вырубках в условиях Коми скорость деструкции хвои ели, ветвей и шишек ниже – 17–19, 9–17 и 4–6 % в год соответственно [6, 2, 8], в Карелии интенсивность разложения хвои ели почти в 2 раза выше [3].

Скорость разложения опада подлесочных пород в среднетаежных лиственных лесах мало исследована [3, 7]. Поскольку их участие в изучаемых насаждениях довольно существенно, были проведены опыты по деструкции некоторых компонентов их опада [10]. Листья и ветви ивы козьей, по сравнению с

березой и осиной, отличаются более высокой скоростью разложения — 43–44 и 24–28 % в год соответственно, интенсивность разложения листьев рябины — 44–49 % в год (табл.). Для березняков в условиях Карелии приводятся более высокие показатели: 57 % для листьев ивы и 71 % в год для листьев рябины [3], на зарастающих карьерах скорость разложения листьев ивы значительно ниже — 27 % в год [7].

Немаловажным компонентом лесных экосистем, содержащим большое количество ассимилирующих органов, является живой напочвенный покров, представленный в исследуемых фитоценозах 4 группами, различающимися по скорости разложения: мхи, кустарнички, злаки и разнотравье. Мхи отличаются невысокими показателями в сравнении с другими растениями напочвенного покрова (табл.). Наибольшая интенсивность деструкции среди мхов в березово-еловом молодняке наблюдается у сфагновых, медленнее разлагаются зеленые и политриховые мхи. Моховой покров в осиново-березовом насаждении менее развит и представлен в основном зелеными мхами, которые разлагаются с меньшей скоростью, чем в молодняке. В ельниках черничных Республики Коми интенсивность деструкции политриховых и зеленых мхов очень близка к полученным данным и составляет 26 и 28 % в год соответственно [2]. Надземная часть кустарничков в исследуемых насаждениях разлагается со скоростью 33–34 %, подземная — 31–32 % в год (табл.). В среднетаежных ельниках и на вырубке скорость разложения надземной части брусники немного меньше — около 30 % в год [2, 6, 8]. Злаки выделены в отдельную группу, так как из-за специфики химического состава отличаются по интенсивности деструкции от других травянистых растений [15]. Разложение злаков происходит более интенсивно, чем мхов и кустарничков, убыль веса за год составляет почти половину от исходной массы (табл.). Скорость разложения злаков в средневозрастном березняке в условиях Карелии

выше и достигает 62 % в год [3]. Разнотравье отличается наиболее высокими показателями из представителей вышеперечисленных 4 групп. Надземная часть разнотравья в исследуемых насаждениях разлагается со скоростью 73–79 % в год, подземная часть трав разлагается медленнее — около 50 % в год (табл.). В ельниках черничных и в лиственных молодняках на карьерах скорость разложения разнотравья ниже — 44 и 56 % в год соответственно [2, 7], а в ельниках зеленомошных — выше [12].

Таким образом, исследуемые компоненты растительного опада по скорости разложения можно разделить на 3 группы: 1 — быстроразлагающийся опад — более 50 % в год (разнотравье, корни трав); 2 — среднеразлагающийся опад — 30–50 % в год (листья березы, ивы, рябины, осины, злаки, кустарнички); 3 — медленно разлагающийся опад — менее 30 % (хвоя, ветви, шишки ели, ветви березы, ивы, осины, мхи).

В результате опытов по разложению продолжительностью 6 месяцев было установлено, что интенсивность деструкции компонентов опада в теплое и холодное полугодия отличается. Как правило, в теплое полугодие скорость разложения всегда немного выше, чем в холодное. Например, в березово-еловом молодняке убыль в весе опада листьев березы (в период 2005–2006 гг.) с ноября по апрель составляла $18,2 \pm 6,4$, с мая по октябрь — $24,7 \pm 1,0$ %, листьев ивы — $22,4 \pm 2,6$ и $31,8 \pm 1,2$ % соответственно. Более высокая скорость разложения в теплое полугодие связана с активными биотическими процессами в подстилке, в холодное время года убыль веса меньше, потому что она связана с абиотическими факторами, в частности, выщелачиванием веществ из опада в процессе таяния снега.

Долгосрочные опыты по разложению доминирующих компонентов древесного опада в различные периоды времени выявили 2 типа этого процесса: 1) основная убыль веса за 24 месяца происходит в течение первого года; 2) интенсивность разложения увеличивается на

второй год. Например, у листьев осины в осиново-березовом насаждении за первое полугодие вес опада убывает наполовину, за второе полугодие еще на 20 %, за второй год на 30 % от его общей убыли веса за 2 года (табл.). Аналогичная закономерность наблюдается в долгосрочных опытах по разложению листьев березы: более 50 % от убыли веса за 2 года происходит в течение первого года. Похожая тенденция для опада листьев березы и осины наблюдается в среднетаежных лесных биогеоценозах РК, на второй год скорость разложения снижается и составляет около 20 % от общей убыли в весе за 2 года [6, 8] (табл.). Связано это с тем, что «свежий» опад листьев в своем составе содержит большое количество легкогидролизующихся растворимых и подвижных соединений, которые легко разлагаются и вымываются из опада. Ко второму полугодию, когда их содержание уменьшается, происходит относительное увеличение трудногидролизующихся фракций и поэтому большинство биохимических процессов замедляется [4, 5, 20]. Так, потеря целлюлозы при разложении опада листьев березы за полугодие составляет 21 %, за год – 93 % [21]. Для ветвей наблюдается обратная закономерность – интенсивность разложения в первое полугодие составляет не более 10 % от общей убыли веса за 2 года и увеличивается на второй год почти в 3 раза (табл.). Возрастание скорости разложения на второй год может быть связано с увеличением микробной массы в опаде ветвей и началом деструкции трудногидролизующихся фракций органического вещества, содержание которых в ветвях выше, чем в листьях [15]. Среди исследуемых компонентов растительного опада практически полностью (95–97 %) за 2 года разлагается только разнотравье.

На интенсивность разложения основных компонентов опада оказывают влияние условия, которые создаются в пределах исследуемых биогеоценозов. Полученные результаты показали, что несмотря на аналогичные почвенные и климатические условия, средние многолетние данные по скорости разложения компонентов

растительного опада между исследуемыми насаждениями различаются. Это объясняется различиями по возрасту, составу, таксационным характеристикам древостоев, стадии сукцессионного развития, количеству и составу опада, численности и видовому составу микромицетов [10, 11]. Для большинства компонентов опада скорость разложения в березово-еловом молодняке ниже, чем в осиново-березовом насаждении (табл.). Это отчасти обусловлено более развитым моховым покровом в молодняке и переувлажнением почвы на месте трелевочных волоков с доминированием сфагновых мхов, что приводит к менее благоприятным условиям для разложения опада. Изучение роли микроорганизмов в процессах разложения опада и подстилки, проведенные ранее на исследуемых объектах, показали, что численность микромицетов в осиново-березовом насаждении выше, чем в березово-еловом молодняке [11].

Различия в скорости деструкции между исследуемыми компонентами древесного опада обусловлены его видовой принадлежностью и частью растения. Так, ассимилирующие органы разлагаются быстрее, чем ветви, корни и шишки. Листья рябины и ивы в обоих насаждениях разлагаются быстрее, чем листья осины, березы и хвоя ели. Это связано с тем, что исходный химический состав компонентов древесного опада обладает видоспецифичностью и в первую очередь содержанием лигнина, воска и смол, которые сравнительно медленнее подвергаются разложению, чем целлюлоза и гемицеллюлоза [5]. Так, в опаде хвои лигнина содержится на 60–80 % больше, чем в опаде лиственных пород [15]. В опаде растений напочвенного покрова скорость разложения разнотравья выше, чем мхов, злаков и кустарничков, что объясняется наличием в их химическом составе большого количества белковых соединений [1, 15]. Низкая интенсивность деструкции мхов, по сравнению с другими группами опада растений напочвенного покрова, обусловлена содержанием полифенольных комплексов, ослабляющих минерализацию клетчатки [1].

Известно, что одним из факторов, оказывающих влияние на скорость разложения компонентов опада, являются погодные условия [17]. За 10-летний период среднегодовая интенсивность деструкции опада имеет разные значения, что указывает на зависимость этого показателя от климатических условий. Например, в 2004–2005 гг. скорость разложения листьев ивы в березово-еловом молодняке составляла $39,3 \pm 10,2$, в 2005–2006 гг. – $45,1 \pm 6,7$, в 2006–2007 гг. – $46,9 \pm 12,4$, в 2009–2010 гг. – $42,9 \pm 4,0$, в 2011–2012 гг. – $38,3 \pm 2,7$, в 2012–2013 гг. – $42,2 \pm 2,6$ % в год. Более низкая интенсивность деструкции, наблюдаемая в 2004–2005 и 2011–2012 гг., обусловлена жарким и сухим летом в 2004 и 2011 гг. Однако, статистический анализ с использованием коэффициента Стьюдента показал, что подобные различия в скорости разложения для изучаемых компонентов опада, в большинстве случаев незначимы по отношению к средним многолетним показателям. Можно предположить, что средние многолетние значения скорости разложения большинства компонентов опада довольно стабильны в пределах исследуемых биогеоценозов.

Интенсивность разложения подстилки четко дифференцирована по вертикали – верхний подгоризонт L разлагается быстрее, чем нижний (OF+OH). В березово-еловом насаждении интенсивность разложения L составляет $30,4 \pm 3,6$ %, OF+OH – $16,4 \pm 3,6$ % в год, в осиново-березовом насаждении – $54,9 \pm 9,1$ и $14,0 \pm 1,5$ % в год соответственно. Высокая скорость разложения подгоризонта L и большинства исследуемых компонентов растительного опада в осиново-березовом насаждении, по сравнению с молодняком, обуславливает более низкие запасы и мощность подстилки. Запасы подстилки в осиново-березовом насаждении ($40,0 \pm 11,6$ т/га) меньше, чем в березово-еловом молодняке ($46,1 \pm 19,3$ т/га). Интенсивность деструкции подстилки в среднетаежных ельниках Республики Коми ниже, чем в исследуемых биогеоценозах, и составляет в ельнике черничном в

среднем $15,6 \pm 3,0$ % в год [2], в ельнике чернично-сфагновом – от 4,6 в верхнем до 9,6 % в год в нижних слоях подстилки [6]. На 10-летней вырубке скорость разложения верхнего подгоризонта подстилки также выше, чем нижнего и составляет 17,3 и 7,3 % в год соответственно [8].

Сопоставляя полученные данные по интенсивности процессов разложения опада и подстилки с ельниками и 10-летней вырубкой в условиях средней тайги Республики Коми, можно сделать вывод, что для листьев березы, осины, мхов и кустарничков этот показатель довольно схож, а для хвои ели, ветвей деревьев, разнотравья и подстилки различия более значимые.

Выводы

1. Показатели скорости разложения компонентов растительного опада в лиственных насаждениях послерубочного происхождения изменяются в зависимости от видовой принадлежности и части растения от 7,9 до 78,5 % в год и по мере снижения скорости их можно расположить в следующий ряд: разнотравье > корни трав > злаки > листья рябины > листья ивы > листья березы > листья осины > кустарнички > корни кустарничков > сфагновые мхи > зеленые мхи > политриховые мхи > ветви березы > ветви осины > корни березы > ветви ивы > хвоя ели > шишки ели > ветви ели > крупные ветви осины.

2. Исследуемый растительный опад по значению показателя скорости разложения можно распределить на 3 группы: 1) быстро-разлагающийся (>50 % в год) – разнотравье, корни трав; 2) среднеразлагающийся (30–50 % в год) – листья березы, ивы, рябины, осины, злаки, кустарнички; 3) медленно-разлагающийся (<30 % в год) – хвоя, ветви, шишки ели, ветви березы, ивы, осины, мхи.

3. Двухлетние опыты по изучению деструкции доминирующих компонентов древесного опада позволили выявить 2 типа разложения: 1) основная убыль веса происходит в первый год (листья); 2) интенсив-

ность разложения увеличивается на второй год (ветви).

4. Многолетние исследования показали, что скорость разложения большинства компонентов растительного опада и подстилки в осиново-березовом насаждении выше, чем в березово-еловом молодняке, что обуславливает более низкие запасы и мощность подстилки.

Работа выполнена при финансовой поддержке темы госзадания Института биологии Коми научного центра УрО РАН (№ АААА-А 17-117122090014-8) «Пространственно-временная динамика структуры и продуктивности фитоценозов лесных и болотных экосистем на европейском Северо-Востоке России».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аристовская, Т.В. Микробиология процессов почвообразования / Т.В. Аристовская. – Л. : Наука, 1980. – С. 185–189.
2. Бобкова, К.С. Динамика содержания углерода органического вещества в среднетаежных ельниках на автоморфных почвах / К.С. Бобкова, А.В. Машика, А.В. Смагин. – СПб. : Наука, 2014. – 270 с.
3. Германова, Н.И. Скорость разложения растительного опада в лесных насаждениях заповедника «Кивач» / Эколого-геохимические и биологические закономерности почвообразования в таежных лесных экосистемах / Н.И. Германова. – Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2009. – 176 с.
4. Добровольский, Г.В. Скорость разложения лесных подстилок южнотаежных ельников / Г.В. Добровольский, С.Я. Трофимов, Е.И. Дорофеева, А.В. Лузиков, К.А. Гей // Лесоведение. – 1999. – № 1. – С. 3–9.
5. Долгих, Е.А. Особенности химического состава опада дуба и липы в зависимости от комплекса лесорастительных условий / Е.А. Долгих, Л.М. Кавеленова // Химия растительного сырья. – 1999. – № 4. – С. 25–29.
6. Кузнецов, М.А. Влияние условий разложения и состава опада на характеристики и запас подстилки в среднетаежном чернично-сфагновом ельнике / М.А. Кузнецов // Лесоведение. – 2010. – № 6. – С. 54–60.
7. Лиханова, И.А. Продуктивность растительных сообществ и формирование органогенных горизонтов почв в ходе самовосстановительной сукцессии на техногенных субстратах / И.А. Лиханова, Е.М. Лаптева, В.А. Ковалева // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – Т. 16. – № 5. – С. 182–189.
8. Лиханова, Н.В. Роль растительного опада в формировании лесной подстилки на вырубках ельников средней тайги / Н.В. Лиханова // Лесной журнал. – 2014. – № 3 (339). – С. 52–66.
9. Попова, Н.В. Диагностика устойчивости экосистем по интенсивности процессов трансформации органического вещества / Н.В. Попова // Экологические системы и приборы. – 2007. – № 5. – С. 3–5.
10. Пристова, Т.А. Динамика древесной растительности в лиственных насаждениях послерубочного происхождения (подзона средней тайги Республики Коми) / Т.А. Пристова // Принципы экологии. – 2019. – Т. 8. – № 3. – С. 63–73.
11. Пристова, Т.А. Роль микромицетов в формировании лесной подстилки лиственных насаждений средней тайги / Т.А. Пристова, Ф.М. Хабибуллина, Ю.А. Виноградова // Лесоведение. – 2012. – № 4. – С. 47–55.
12. Продуктивность и круговорот элементов в фитоценозах Севера. – Л. : Наука, 1975. – 129 с.
13. Родин, Л.Е. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах / Л.Е. Родин, Н.П. Ремезов, Н.И. Базилевич. – Л.: Наука, 1968. – 145 с.
14. Фролова, Л.Н. Особенности почвообразования в еловых лесах в связи со сменой пород в условиях Коми АССР. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 1965. – 18 с.
15. Частухин, В.Я. Биологический распад и ресинтез органических веществ в природе / В.Я. Частухин, М.А. Николаевская. – Ленинград : Наука, 1969. – 326 с.

16. Эколого-физиологические основы продуктивности сосновых лесов Европейского Северо-Востока. – Сыктывкар : Коми НЦ УрО РАН, 1993. – 176 с.
17. Couteaux, M.-M. Litter decomposition, climate and litter quality / M.-M. Couteaux, P. Bottner, B. Berg // Trends in Ecology & Evolution. – 1995. – Vol. 10. – Issue 2. – P. 63–66.
18. Cartner, T.B. Decomposition dynamics in mixed-species leaf litter / T.B. Cartner, Z.G. Cardon // Oikos. – 2004. – Vol. 104. – Issue 2. – P. 230–246.
19. Flanagan, P.W. Nutrients cycling in relation to decomposition and organic matter quality in taiga ecosystems / P.W. Flanagan, K. Van Cleve // Canadian journal of forest research. – 1983. – № 13 (5). – P. 795–817.
20. Berg, B. Release of nutrients from decomposing white birch leaves and Scots pine needle litter / B. Berg, H. Staaf // Pedobiologia. – 1987. – № 30. – P. 55–63.
21. Zährde, E. Experiments on the decomposition rate of cellulose in different stands / E. Zährde // Silva Fennica. – 1966. – № 119. – P. 1–11.

REFERENCES

1. Aristovskaja T.V. Mikrobiologija processov pochvoobrazovanija. Leningrad, 1980, pp. 185–189. (In Russian)
2. Bobkova K.S., Mashika A.V., Smagin A.V. Dinamika sodержaniya ugleroda organicheskogo veshhestva v srednetazhnyh el'nikah na avtomorfnyh pochvah. SPb, 2014, 270 p. (In Russian)
3. Germanova N.I. Skorost' razlozhenija rastitel'nogo opada v lesnyh nasazhdenijah zapovednika «Kivach». Jekologo-geohimicheskie i biologicheskie zakonomernosti pochvoobrazovanija v tazhnyh lesnyh jekosistemah. Petrozavodsk, 2009, 176 p. (In Russian)
4. Dobrovolskij G.V., Trofimov S.Ja., Dorofeeva E.I., Luzikov A.V., Gej K.A. Skorost' razlozhenija lesnyh podstilk juzhnotazhnyh el'nikov. Lesovedenie, 1999, no. 1, pp. 3–9. (In Russian)
5. Dolgih E.A., Kavelenova L.M. Osobennosti himicheskogo sostava opada duba i lipy v zavisimosti ot kompleksa lesorastitel'nyh uslovij. Himija rastitel'nogo syr'ja, 1999, no. 4, pp. 25–29. (In Russian)
6. Kuznecov M.A. Vlijanie uslovij razlozhenija i sostava opada na harakteristiki i zapas podstilki v srednetazhnom chernichno-sfagnovom el'nike. Lesovedenie, 2010, no. 6, pp. 54–60. (In Russian)
7. Lihanova I.A., Lapteva E.M., Kovaleva V.A. Produktivnost' rastitel'nyh soobshhestv i formirovanie organogennyh gorizontov pochv v hode samovosstanovitel'noj sukcesii na tehnoennyh substratah. Izvestija Samarskogo nauchnogo centra RAN, 2014, vol. 16, no. 5, pp. 182–189. (In Russian)
8. Lihanova N.V. Rol' rastitel'nogo opada v formirovanii lesnoj podstilki na vyrubkah el'nikov srednej tajgi. Lesnoj zhurnal, 2014, no. 3 (339), pp. 52–66. (In Russian)
9. Popova N.V. Diagnostika ustojchivosti jekosistem po intensivnosti processov transformacii organicheskogo veshhestva. Jekologicheskie sistemy i pribory, 2007, no. 5, pp. 3–5. (In Russian)
10. Pristova T.A. Dinamika drevesnoj rastitel'nosti v listvennyh nasazhdenijah poslerubochnogo proishozhdenija (podzona srednej tajgi Respubliki Komi). Principy jekologii, 2019, vol. 8, no. 3, pp. 63–73. (In Russian)
11. Pristova T.A., Habibullina F.M., Vinogradova Ju.A. Rol' mikromicetov v formirovanii lesnoj podstilki listvennyh nasazhdenij srednej tajgi. Lesovedenie, 2012, no. 4, pp. 47–55. (In Russian)
12. Produktivnost' i krugovorot jelementov v fitocenzah Severa. Leningrad, 1975, 129 p. (In Russian)
13. Rodin L.E., Remezov N.P., Bazilevich N.I. Metodicheskie ukazaniya k izucheniju dinamiki i biologicheskogo krugovorota v fitocenzah. Leningrad, 1968, 145 p. (In Russian)
14. Frolova L.N. Osobennosti pochvoobrazovanija v elovyh lesah v svjazi so smenoi porod v uslovijah Komi ASSR. Extended abstract of candidate's thesis. Syktyvkar, 1965, 18 p. (In Russian)

15. Chastuhin V.Ja., Nikolaevskaja M.A. Biologicheskij raspad i resintez organicheskikh veshhestv v prirode. Leningrad, 1969, 326 p. (In Russian)
16. Jekologo-fiziologicheskie osnovy produktivnosti sosnovyh lesov Evropejskogo Severo-Vostoka. Syktyvkar, 1993, 176 p. (In Russian)
17. Couteaux M.-M., Bottner P., Berg B. Litter decomposition, climate and litter quality. *Trends in Ecology & Evolution*, 1995, vol. 10, issue 2, pp. 63–66.
18. Cartner T.B., Cardon Z.G. Decomposition dynamics in mixed-species leaf litter. *Oikos*, 2004, vol. 104, issue 2, pp. 230–246.
19. Flanagan P.W., Van Cleve K. Nutrients cycling in relation to decomposition and organic matter quality in taiga ecosystems. *Canadian journal of forest research*, 1983, no. 13 (5), pp. 795–817.
20. Berg B., Staaf H. Release of nutrients from decomposing white birch leaves and Scots pine needle litter. *Pedobiologia*, 1987, no. 30, pp. 55–63.
21. Zährde E. Experiments on the decomposition rate of cellulose in different stands. *Silva Fennica*, 1966, no. 119, pp. 1–11.

Статья поступила в редакцию 20.07.2020